

ВАРИАНТЫ РАСЧЕТА ЭКВИВАЛЕНТНОЙ НАГРУЗКИ РОТОРНЫХ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ В ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

©2016 О.М. Беломытцев

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

GTE ROTARY BEARINGS EQUIVALENT LOAD CALCULATION CONFIGURATIONS

Belomytcev O.M. (Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation)

The work discusses options for calculating the equivalent loads in the rotary bearings of GTE and their estimated durability. The bearing in high pressure turbine family of PS-90 engines shows options of calculations that have the highest accuracy in comparison with operational data. Has been noted that the calculation method should be improved taking into account the limit contact endurance of the materials of bearings for a number of cycles with loading more than 10^8 .

Современная методика расчёта подшипников качения по ISO и ГОСТ РФ не учитывает особенностей конструкции авиационных опор роторов газотурбинных двигателей (ГТД), в которых нагрузка по телам качения распределяется не так, как в классических узлах вследствие повышенной податливости вала и корпуса, а высокие скорости вращения и значительный перепад температур колец вызывают натяг в подшипнике при номинальных режимах работы и дополнительные нагрузки на подшипник.

Методика расчёта, принятая в авиационных КБ [1], нуждается в уточнении определения эквивалентной нагрузки на подшипники. Возможны следующие варианты расчёта эквивалентной нагрузки P (для упрощения коэффициент безопасности и температурный коэффициент приняты равными единице).

Вариант 1. Нагрузка определяется как сумма внешних нагрузок от веса ротора F_p и дисбаланса F_d :

$$P = F_p + F_d. \quad (1)$$

Вариант 2. Нагрузка определяется как средняя от веса ротора и переменной нагрузки от дисбаланса [2, 3]:

$$P = F_{cp} = f_m (F_p + F_d), \quad (2)$$

где f_m – поправочный коэффициент, который меньше единицы.

Вариант 3. Нагрузка P определяется как сумма нагрузок от натяга и внешней нагрузки по формуле [2]:

$$P = (0,5 F_{max}^{3,33} + 0,5 F_{min}^{3,33})^{3,33}, \quad (3)$$

где

$$F_{max} = F_{np} + 0,5 F_{cp}; F_{min} = F_{np} - 0,5 F_{cp}. \quad (4)$$

Здесь F_{cp} – внешняя нагрузка на подшипник, определяемая по формуле (2), а F_{np} – результирующая нагрузка от натяга в зоне угла нагружения, равного 180° , определяемая по формуле:

$$F_{np} = F_n (1 + 2 \sum_{i=1}^{Z/4} \cos i\theta),$$

где F_n – нагрузка на тела качения от натяга, найденного с учётом воздействия центробежных сил и температурных деформаций [4]; i – номера роликов; $\theta = 360^\circ/Z$; Z – число роликов.

В формуле (4) в случае сохранения натяга в подшипнике, как это доказано в [4], внешняя нагрузка берётся в половинном размере.

Вариант 4. Долговечность определяется с учётом распределения нагрузки по телам качения по выражению:

$$L = L_1 \cdot k_p,$$

где L_1 – долговечность подшипника, найденная по нагрузкам (1), (2) или (3); k_p – коэффициент влияния распределения нагрузки, выражающий отношение двух сравниваемых вариантов эквивалентных нагрузок, которые определяются по известному выражению:

$$q_{эк} = \sqrt[3,33]{\frac{1}{n} \left[q_0^{3,33} + 2 \left(q_1^{3,33} + q_2^{3,33} + \dots + q_{n1}^{3,33} \right) \right]},$$

где q_0, q_1, \dots, q_{n1} – нагрузки на тела качения; n – число нагруженных тел качения.

Вариант 5. Расчёт ведётся по наружному кольцу по наиболее нагруженному телу качения [1].

Заключение

1. Значения расчётной долговечности, полученные по разным вариантам для под-

шипника 1032930 ТВД в двигателе семейства ПС-90, имеют значительные расхождения с эксплуатационными данными. Наибольшую достоверность дают варианты 3 и 4.

2. Для совершенствования методики расчёта необходимы экспериментальные данные по контактной усталости подшипниковых стале́й для большого числа циклов нагружений $N > 10^8$, что особенно актуально для двигателей с большим ресурсом – 30 тысяч часов и более.

Библиографический список

1. Методика расчётной оценки долговечности подшипников качения авиационных двигателей и их агрегатов, требования к кон-

структивным параметрам опор. ЦИАМ, АО ВНИПП. – М.: 1996.

2. Бейзельман Р.Д., Цыпкин Б.В., Перель Л.Я. Подшипники качения. Справочник. – М.: Машиностроение, 1975. 572 с.

3. SKF2006. Каталог 6000RU – октябрь 2006. 1129 с.

4. Беломытцев О.М. Определение влияния различных факторов на зазоры (натяги) и влияние натягов на распределение нагрузки по телам качения в быстроходных роликоподшипниках // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. акад. С.П. Королева, №3 (19), Ч. 3 – Самара: Самарский гос. аэрокосм. ун-т., 2009. С. 67-75.

УДК 621.59

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ИСТОЧНИКОВ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА

©2016 Д.А. Угланов, А.О. Согонова, А.И. Довгялло

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

EVALUATION OF LOW-GRADE HEAT SOURCES ENERGY CAPACITY

Uglanov D.A., Sogonova A.O., Dovgyallo A.I. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The article presents the calculation results of low-grade heat source energy capacity taking into account their phase state. The calculations have been performed for six working agents: methane, argon, krypton, nitrogen, oxygen, hydrogen.

В настоящее время криогенные вещества могут использоваться в жидком, газообразном и твёрдом состоянии. Во всех случаях существует возможность использовать низкотемпературный потенциал криопродукта. Механизм преобразования криогенной энергии будет осуществляться с учётом его фазового состояния в соответствии со схемой, представленной на рис. 1. Из схемы видно, что эффективность использования низкопотенциальной энергии криопродукта влияет энергия потенциала его фазового перехода.

На основании справочных данных [1] составлена энергетическая диаграмма преобразования криогенной энергии при фазовых переходах для различных веществ (рис. 2).

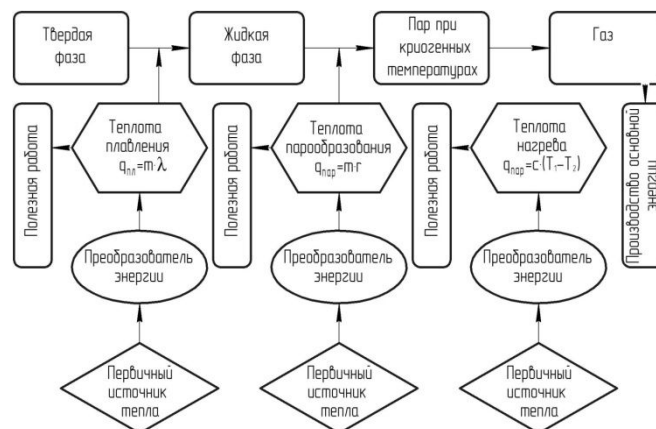


Рис. 1. Механизм преобразования криогенной энергии

Криопродукт имеет температуру $T_2 = 20\text{--}150\text{K}$, а температура окружающей среды $T_1 = 250\text{--}300\text{K}$. Таким образом, два различных температурных уровня позволяют создать энергетическую машину.